蛋鸭产蛋高峰期色氨酸适宜需要量

张罕星　陈　伟*　李　燕*　王　爽　阮　栋　余德谦　王胜林　郑春田　林映才**

(广东省农业科学院动物科学研究所，畜禽育种国家重点实验室，农业部华南动物营养与饲料重点实验室，广东省动物育种与营养公共实验室，广东省畜禽育种与营养研究重点实验室，广州 510640)

摘　要：本试验旨在通过研究饲粮中不同色氨酸水平对蛋鸭产蛋性能、蛋品质、机体抗氧化指标和屠宰指标的影响，拟合出蛋鸭产蛋期色氨酸适宜需要量。选取 120 日龄山麻鸭 900 只，随机分为 6 个组，每个组 6 个重复，每个重复 25 只。各组蛋鸭分别饲喂色氨酸水平为 0.12%、0.16%、0.20%、0.24%、0.28%、0.32%的试验饲粮，试验期 20 周。结果表明：1）饲粮色氨酸水平对蛋鸭产蛋率、平均蛋重、日产蛋重、料蛋比等无显著影响（P>0.05），但 0.20%组在数值上表现出最高的产蛋率和日产蛋重。饲粮色氨酸水平对蛋壳强度、哈氏单位、蛋黄重、蛋黄比例、蛋壳重量、蛋壳比例、蛋壳厚度等蛋品质指标无显著影响（P>0.05），但显著影响蛋黄色泽（P<0.05），表现为 0.20%组蛋黄色泽显著低于其他各组（P<0.05）。2）饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清白蛋白、总蛋白、尿酸含量无显著影响（P>0.05）。3）饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清和肝脏抗氧化指标（除肝脏总超氧化物歧化酶）均无显著影响（P>0.05）。4）饲粮色氨酸水平对输卵管重量、输卵管长度、卵巢重量无显著影响（P>0.05）。根据折线模型拟合得出：饲粮色氨酸水平为 0.20%时可满足产蛋高峰期蛋鸭营养需要。

关键词：蛋鸭；色氨酸；产蛋性能；蛋品质；抗氧化

中图分类号：S834

收稿日期：2015-11-10
基金项目：现代农业产业技术体系建设专项资金资助（CARS-43-13）；广东省畜禽育种与营养研究重点实验室运行经费
作者简介：张罕星（1980—），男，广东广州人，助理研究员，硕士，研究方向为水禽营养与饲料。E-mail: carza@163.com
*同等贡献作者
**通信作者：林映才，研究员，E-mail:　lyc0123@tom.com.

色氨酸对家禽而言，是玉米-豆粕型饲粮中的第 3 限制性氨基酸[1]，对维持家禽正常生理功能和生产性能具有重要意义。研究表明，色氨酸不仅参与蛋白质合成，还参与多种代谢，它在机体中可代谢形成 5-羟色胺（5-HT）、褪黑激素、烟酸、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸（NAD）和原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸（NADH）等，对调节动物采食行为、脂肪沉积和免疫具有重要影响[2]。此外，研究还表明，色氨酸对家禽机体中抗氧化具有促进作用[3-4]。在低蛋白质水平饲粮中，色氨酸对维持家禽生产性能亦具有重要意义。目前，国内有关鸭色氨酸需要量的研究主要集中在肉鸭[5]、蛋雏鸭及育成鸭[6-7]方面，但尚未发现有蛋鸭产蛋期色氨酸需要量的研究报道。因此，本试验以龙岩麻鸭为研究对象，通过研究不同色氨酸水平对蛋鸭产蛋性能、蛋品质、机体抗氧化指标和屠宰指标的影响，以期获得蛋鸭色氨酸需要量参数，为制定蛋鸭饲养标准提供依据。

1　材料与方法

1.2　试验饲粮与饲养

试验饲粮采用玉米-豆粕型饲粮，饲粮色氨酸为 6 个水平：0.12%、0.16%、0.20%、0.24%、0.28%、0.32%，其中蛋氨酸含量为 0.40%，赖氨酸含量为 0.86%，试验饲粮组成及营养水平见表 1。试验饲粮代谢能和粗蛋白质含量均参照本课题组前期研究结果[8]。6 种饲粮中色氨酸含量的实测值分别为 0.15%、0.16%、0.17%、0.22%、0.24%和 0.28%。试验前预饲喂 1 周，试验期 20 周。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	色氨酸水平 Trp level/%					
	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32
原料 Ingredients						
玉米 Corn	61.74	61.74	61.74	61.74	61.74	61.74

豆粕 Soybean meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
小麦麸 Wheat bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
石粉 Limestone	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
L-色氨酸 *L*-Tryptophan	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20
DL-蛋氨酸 *DL*-Methionine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-赖氨酸烟酸盐 *L*-Lys•HCl	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]						
代谢能 ME/(kJ/kg)	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34
粗蛋白质 CP	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28	16.28
钙 Ca	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
非植酸磷 NPP	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
总磷 TP	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
粗纤维 CF	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
蛋氨酸 Met	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
赖氨酸 Lys	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
苏氨酸 Thr	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
色氨酸 Trp	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32

异亮氨酸 Ileu	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
亮氨酸 Leu	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
缬氨酸 Val	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
组氨酸 His	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 12 000 IU，VB_1 3.0 mg，VB_2 9.6 mg，VB_5 40 mg，VB_6 6.0 mg，VB_{12} 0.03 mg，VD_3 1 800 IU，VE 26 IU，VK_3 1.0 mg，氯化胆碱 choline chloride 500 mg，生物素 biotin 0.15 mg，叶酸 folic acid 0.6 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 28.5 mg，烟酸 nicotinic acid 25 mg，Cu (as copper sulfate) 10 mg，Fe (as ferrous sulfate) 50 mg，Mn (as manganese sulfate) 90 mg，Zn (as zinc sulfate) 90 mg，I (as potassium iodide) 0.5mg，Se (as sodium selenite) 0.4 mg。

2)营养水平为实测原料成分后的计算值。All nutrient levels were calculated values according to the measured feed nutrient.

本试验在广东省农业科学院动物科学研究所蛋鸭试验基地进行。选择健康、采食正常、体重接近的即将进入产蛋高峰期（120 日龄）的福建龙岩麻鸭 900 羽，随机分为 6 组，每组设 6 个重复，每个重复 25 只，采用单因子完全随机设计。地面平养（水域面积：陆地面积=1：3），试验期间每天记录 07：00、14：00 和 20：00 的温度、湿度及天气情况。

1.3 样品采集

于试验结束前 1 天，在每个重复中选取 2 只接近平均体重的试验鸭，翅静脉采血 5 mL，待静置 10 min 后 3 000 r/min 离心 15 min，制备出血清。

将采血后的试验鸭放血致死，打开腹腔，迅速采集肝脏样品，液氮中速冻后-80 ℃保存待测；分离卵巢、输卵管，称重，测量输卵管长度。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 采食量与产蛋性能

试验期间每天 07：00 和 16：00 各喂料 1 次，所有试验鸭在正常情况下采食量保持基本

一致，准确记录给料量和剩料量。准确记录试验鸭每日产蛋数量、蛋重、破蛋数、畸形蛋数量和重量，统计日采食量、产蛋率、平均蛋重、日产蛋重、料蛋比、破蛋率、畸形蛋率。

产蛋率=100×产蛋个数/试验鸭数；

平均蛋重=总蛋重/个蛋数；

日产蛋重=产蛋率×平均蛋重；

料蛋比=采食量/日产蛋重；

破蛋率=100×破蛋个数/总蛋数；

畸形蛋率=100×畸形蛋数/总蛋数。

1.4.2　蛋品质

于产蛋高峰期每月采集 1 次蛋样，从各重复中各取 4 枚蛋（接近平均重）做好标记，用于测定蛋形指数、蛋壳强度、蛋壳厚度和蛋壳比例。蛋形指数采用数显游标卡尺量出其纵径和横径，纵径/横径计算值即为蛋形指数；蛋壳强度由蛋壳强度测定仪（SN:EF0451 2011 型，ORKA 食品技术公司，以色列）进行测定；用数显千分尺分别测定蛋钝端、中端和锐端蛋壳厚度（去掉壳膜部分），计算 3 个位置平均值，测定在 48 h 内完成。

1.4.3　血清指标

用 Beckman 全自动生化分析仪（CX5 型，Beckman 仪器公司，美国）测定蛋鸭血清中尿酸、白蛋白和球蛋白的含量。血清谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、超氧化物歧化酶（T-SOD）活性及总抗氧化能力（T-AOC）、丙二醛（MDA）含量采用南京建成生物工程研究所试剂盒进行测定。

1.5　统计分析

本试验数据采用 SAS 8.1 软件进行单因素方差分析，Duncan 氏法进行多重比较。结果以平均值表示，显著性水平为 $P<0.05$。采用折线模型，对性能与饲粮色氨酸水平拟合以获得蛋鸭产蛋期色氨酸最低需要量。

2 结 果

2.1 饲粮色氨酸水平对蛋鸭高峰期产蛋性能的影响

由表 2 所示，饲粮色氨酸水平对蛋鸭高峰期产蛋率、平均蛋重、日产蛋重、平均日采食量、料蛋比、破蛋率和畸形蛋率均无显著影响(P>0.05)。当饲粮色氨酸水平为 0.20%时，产蛋率和日产蛋重均为最大值。

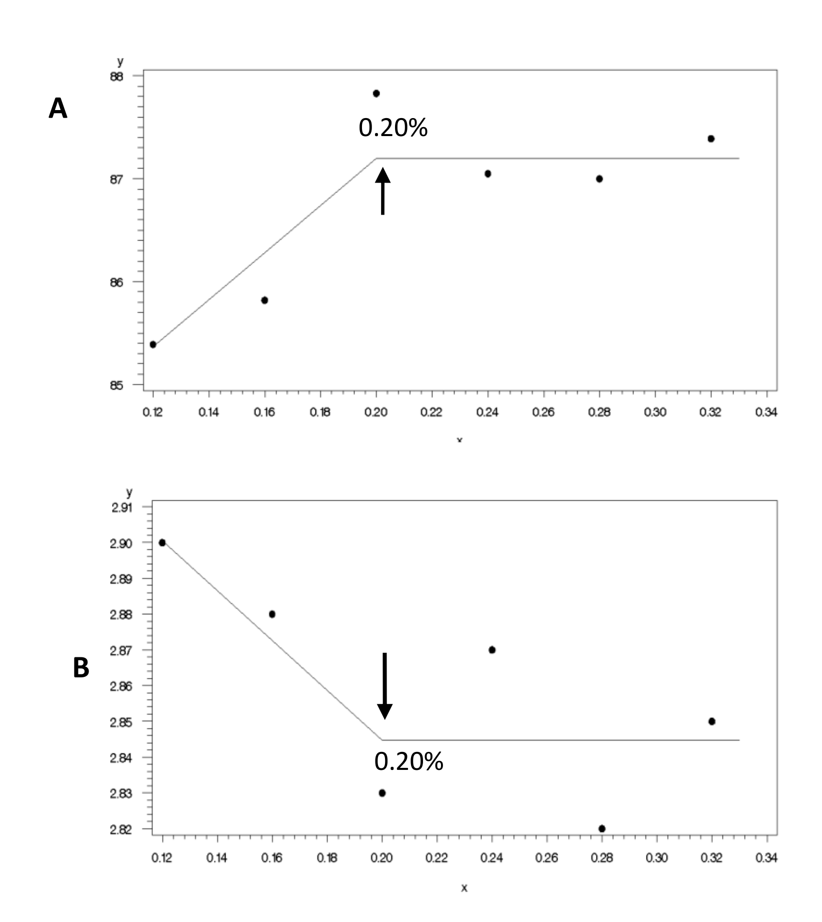
表 2 饲粮色氨酸水平对蛋鸭高峰期产蛋性能的影响

Table 2 Effects of dietary Trp level on laying performance of laying ducks in peak laying period

项目 Items	色氨酸水平 Trp level/% 0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	SEM	*P* 值 *P*-value
产蛋率 Egg production/%	85.39	85.82	87.83	87.05	87.00	87.39	1.22	0.70
平均蛋重 Average egg weight/g	65.27	64.85	65.17	64.90	65.74	65.21	0.22	0.10
日产蛋重 Daily egg mass/(g/d)	55.73	55.66	57.24	56.49	57.20	57.00	0.90	0.67
平均日采食量 Average daily feed intake/g	161.48	160.20	162.11	161.83	161.22	162.32	0.76	0.43
料蛋比 Feed/egg mass	2.90	2.88	2.83	2.87	2.82	2.85	0.04	0.71
破蛋率 Broken egg rate/%	0.24	0.23	0.17	0.26	0.19	0.27	0.03	0.28
畸形蛋率 Abnomal egg rate/%	0.05	0.06	0.05	0.01	0.03	0.03	0.01	0.17

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.



A 图中 x 轴表示饲粮色氨酸水平(%)，y 轴表示产蛋率（%）；B 图中 x 轴表示饲粮色氨酸水平，y 轴表示料蛋比。

X in Fig A indicates dietary Trp level (%), Y indicates egg production (%); X in Fig B indicates dietary Trp level (%), Y indicates feed/egg.

图 1　折线-直线模型拟合蛋鸭高峰期色氨酸需要量

Fig.1　Break points of Trp requirement using linear broken-line model of laying ducks in peak laying period

蛋鸭产蛋高峰期，经折线-直线模型拟合(图 1)，以产蛋率为指标，拟合获得的蛋鸭高峰期饲粮色氨酸最低需要量为 0.20%（拟合方程 R^2=0.999，P=0.06）；同样，以料蛋比为指标，拟合获得的蛋鸭高峰期饲粮色氨酸最低需要量为 0.20%（拟合方程 R^2=0.999，P=0.19）。

2.2 饲粮色氨酸水平对蛋鸭蛋品质的影响

由表 3 可知，饲粮色氨酸水平对蛋鸭产蛋高峰期的蛋壳强度、哈氏单位、蛋黄重、蛋黄比例、蛋壳重量、蛋壳比例和蛋壳厚度无显著影响（$P>0.05$），但显著影响蛋黄色泽（$P<0.05$），其表现为 0.20%组蛋黄色泽显著低于其他组（$P<0.05$）。

表 3 饲粮色氨酸水平对蛋鸭蛋品质的影响

Table 3 Effects of dietary Trp level on egg quality of laying ducks

项目 Items	色氨酸水平 Trp level/% 0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	SEM	*P* 值 *P*-value
蛋壳强度 Eggshell strength/kg/cm^2	4.42	4.09	4.13	4.08	4.50	4.35	0.24	0.69
哈氏单位 Haugh units	83.15	76.67	81.68	80.12	78.72	78.28	2.13	0.32
蛋黄色泽 Yolk color	9.92^a	9.92^a	9.60^b	10.17^a	9.92^a	10.00^a	0.21	0.02
蛋黄重 Yolk weight/g	19.98	20.00	18.84	20.00	20.05	19.95	0.41	0.27
蛋黄比例 Yolk percentage/%	30.57	31.35	29.49	31.02	31.33	30.95	0.60	0.28
蛋壳重量 Eggshell weight/g	6.41	5.98	6.21	6.23	6.39	6.17	0.17	0.55
蛋壳比例 Eggshell percentage/%	9.82	9.39	9.70	9.62	9.96	9.57	0.20	0.42
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.313	0.297	0.307	0.302	0.316	0.309	0.008	0.60

2.3 饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清生化指标的影响

由表 4 可知，饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清中白蛋白、总蛋白和尿酸含量均无显著影响

(P>0.05)。

表 4　饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清生化指标的影响

Table 4　Effects of dietary Trp level on serum biochemical parameters of laying ducks

项目 Items	色氨酸 Trp level/% 0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	SEM	*P* 值 *P*-value
白蛋白 Albumin/(g/L)	25.28	24.81	24.19	24.93	24.66	25.41	1.23	0.85
总蛋白 Total protein/(g/L)	53.13	55.35	50.46	57.83	57.80	58.01	4.65	0.79
尿酸 Uric acid/(μmol/L)	367.53	399.60	393.64	381.63	356.90	401.21	31.66	0.83

2.4　饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清和肝脏抗氧化指标的影响

如表 5 可知，饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清中各抗氧化指标均无显著影响（P>0.05）；饲粮色氨酸水平对蛋鸭肝脏 T-AOC、GSH-Px 活性和 MDA 含量均无显著影响（P>0.05），但 0.28%组肝脏中 T-SOD 活性显著高于 0.12%组（P<0.05）。

表 5　饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清和肝脏抗氧化指标的影响

Table 5　Effects of dietary Trp level on serum and liver antioxidant parameters of laying ducks

项目 Items	色氨酸 Trp level/% 0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	SEM	*P* 值 *P*-value
血清 Serum								
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（U/mL）	459.27	381.87	444.33	443.89	398.69	378.27	49.60	0.68
总超氧化物歧化酶 T-SOD/（U/mL）	93.56	92.94	89.71	97.64	97.72	98.70	4.83	0.75
丙二醛 MDA/（nmol/mL）	4.61	4.08	3.40	4.37	5.69	6.04	1.41	0.22

肝脏 Liver								
总抗氧化能力 T-AOC/（U/mg pro）	1.27	1.27	1.12	1.30	1.24	1.41	0.09	0.51
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（U/mg prot）	76.11	79.29	74.04	65.18	65.86	74.11	5.24	0.35
总超氧化物歧化酶 T-SOD/（U/mg prot）	30.29[b]	32.19[b]	33.60[ab]	33.49[ab]	37.14[a]	34.72[ab]	1.36	0.03
丙二醛 MDA/（nmol/mg prot）	1.83	1.71	2.09	2.24	2.21	1.90	0.32	0.80

2.5 饲粮色氨酸水平对蛋鸭屠宰指标的影响

如表 6 可知，饲粮色氨酸水平对蛋鸭输卵管重量、输卵管长度、卵巢重量无显著影响（*P*>0.05）。

表 6　饲粮色氨酸水平对蛋鸭屠宰指标的影响

Table 6　Effects of dietary Trp level on slaughter parameters of laying ducks

项目 Items	色氨酸 Trp level/%						SEM	*P* 值 *P*-value
	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32		
输卵管重量 Oviduct weight/g	35.49	35.66	37.79	34.94	35.39	37.26	0.72	0.85
输卵管长度 Oviduct length/cm	47.00	45.33	47.50	43.00	47.25	47.33	0.70	0.39
卵巢重量 Ovary weight/g	39.25	41.51	46.70	43.09	50.91	53.75	1.76	0.18

3 讨 论

3.1 饲粮色氨酸需要量

NRC[9]推荐白来航产蛋鸡饲粮中色氨酸水平为 0.13%~0.20%，推荐在采食量为 100 或 120 g 的基础上色氨酸每天需要量为 160 或 175 mg。对于产蛋期火种鸡而言，饲粮中色氨酸需要量为 0.13%。日本种鹌鹑产蛋期色氨酸需要量为 0.19%。NRC[9]给出了肉鸭（北京鸭）不同生长阶段色氨酸需要推荐量，但目前尚无蛋鸭产蛋期研究数据。本研究发现，饲粮中色氨酸水平为 0.20%时可获得产蛋高峰期蛋鸭最佳产蛋性能，这与产蛋期鹌鹑、蛋鸡色氨酸需要量一致；但蛋鸭每日色氨酸需要量（322 mg）则高于其他产蛋禽类。研究发现，饲粮中蛋白质水平可能与色氨酸存在着互作效应，随着饲粮中蛋白质水平升高，蛋鸡色氨酸需要量也上升[10]。研究还表明，在低蛋白质饲粮（14%）中添加适宜水平的色氨酸能显著提高产蛋率，但在正常蛋白质饲粮（16%）或较高蛋白质饲粮（18%）中无此现象[10]，进而证实饲粮中蛋白质水平影响色氨酸需要量。此外，研究还发现，当饲粮中性氨基酸（异亮氨酸、丙氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸）水平提高 48%后，色氨酸需要量则降低 21%，表明饲粮中性氨基酸水平也可能影响色氨酸需要量[11]。环境条件改变可影响蛋禽色氨酸需要量；以蛋鸡为例，在热应激条件下饲粮中色氨酸水平为 0.2%~0.4%时才能满足蛋鸡生产[12]，这高于NRC[9]推荐量（0.13%~0.20%）。研究发现，蛋鸡年龄对色氨酸需要量没有影响；当蛋鸡产蛋1 年后，尽管产蛋率下降，但其色氨酸需要量仍与高峰期一致[13]。

3.2 饲粮色氨酸水平对蛋鸭高峰期产蛋性能和采食量的影响

本研究发现，当饲粮中色氨酸水平为 0.20%时，蛋鸭产蛋率、平均蛋重最高，而随着色氨酸水平增加，产蛋率略有下降，其原因可能是：当色氨酸水平为 0.20%时饲粮中氨基酸组成比例平衡，饲料转化效率较高，进而产蛋性能提高。但当添加超过一定水平时，继续添加色氨酸造成氨基酸不平衡现象，不能进而提高生产性能，甚至出现负面作用[14]。相似地，周斌[3]研究发现，对 300 日龄罗曼蛋鸡分别饲喂 0.16%~0.32%色氨酸水平饲粮时，随色氨酸

水平增加产蛋率均显著提高，其中 0.20%色氨酸组产蛋率最高，而各组间蛋鸡平均蛋重和料蛋比无显著差异。另有研究发现，在未达到蛋鸡需要量时提高饲粮色氨酸水平能显著提高产蛋率[10,15]。

肉鸡试验表明，随着饲粮色氨酸水平从 0.12%到 0.24%，肉鸡采食量显著提高[16]。在蛋鸡中试验也发现，饲粮中色氨酸水平提高时，蛋鸡采食量显著上升[15,17]。其原因可能是：色氨酸在动物体内可转化为 5-HT，作用于下丘脑的采食中枢，从而调节动物采食行为[18]。然而，在肉鸭中的研究发现，尽管色氨酸能提高血清中 5-HT 水平[19]，却并未影响肉鸭采食量。本研究也发现，提高饲粮色氨酸水平对蛋鸭采食量无显著影响。这意味着色氨酸在调控肉鸭采食量方面可能与鸡不同。

3.3　饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清生化指标及抗氧化指标的影响

机体蛋白质沉积取决于蛋白质合成与分解代谢的速度。血清总蛋白和白蛋白是反映肝脏蛋白质合成能力的重要指标。尿酸是家禽机体中氨基酸及嘌呤代谢的最终产物，因而血清中尿酸是反映机体蛋白质分解代谢的重要指标，氨基酸合成代谢越高，血清尿素氮含量则低。本试验中，饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清中白蛋白、球蛋白和尿酸含量均无显著影响，可能是因为饲料色氨酸水平变化不足以影响到机体蛋白质代谢。在 42 至 56 日龄肉鸡中研究发现，血浆中总蛋白、白蛋白及尿酸含量未受到饲粮中色氨酸水平影响[16]，这与本研究报道相一致。

本试验还发现，在色氨酸水平达到 0.28%时，肝脏中 T-SOD 活性显著上升，暗示着色氨酸潜在的抗氧化能力。相似地，周斌[3]研究发现，当提高饲粮色氨酸水平后，蛋鸡血清中 MDA 含量显著降低，GSH-Px 活性上升，表明色氨酸可提高机体的抗氧化能力。魏宗友等[4]研究发现，当 21 日龄扬州鹅饲粮中色氨酸水平为 0.22%和 0.30%时，其血清中 SOD 活性和 T-AOC 显著高于 0.14%色氨酸水平组，而饲粮中色氨酸水平对血清中 MDA 含量和 GSH-Px 活性则无显著影响。此外，饲粮中色氨酸可显著提高肉鸭血清中 T-AOC 及 GSH-Px、CAT

活性，并提高了肝脏中 GSH-Px 活性[19]。

3.4 饲粮色氨酸水平对蛋鸭蛋品质的影响

关于色氨酸对蛋品质影响的报道极少。周斌[3]研究发现，饲粮色氨酸水平对鸡蛋的蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋黄颜色均无显著影响。而本试验发现除蛋黄色泽外，色氨酸水平对其他蛋品质指标无显著影响，表现在 0.20%组降低蛋黄色泽。目前尚不清楚该结果是本研究的偶然现象，还是表明色氨酸的确潜在影响蛋黄中色素沉积，这有待于进一步研究证实。

4 结 论

① 饲粮色氨酸水平对蛋鸭产蛋性能无显著影响，但显著影响蛋黄色泽，表现为 0.20%组显著低于其他水平组，饲粮色氨酸水平对其他蛋品质指标均无显著影响。

② 饲粮色氨酸水平对蛋鸭血清生化指标和屠宰指标均无显著影响，但饲粮色氨酸水平为 0.28%时能显著提高肝脏 T-SOD 活性。

③ 以产蛋率为指标，推荐饲粮色氨酸水平为 0.20%时即可满足产蛋高峰期蛋鸭的最低营养需要量。

参考文献：

[1] RUSSELL G B,HARMS R H.Tryptophan requirement of the commercial hen[J].Poultry Science,1999,78(9):1283–1285.

[2] 贺强,袁超,李俊明,等.色氨酸在家禽营养中的研究进展[J].饲料工业,2014(增刊):7–10.

[3] 周斌.日粮色氨酸水平对蛋鸡生产性能与蛋品质的影响及其机理探讨[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2010:24–34.

[4] 魏宗友,王洪荣,潘晓花,等.饲喂方式和饲粮色氨酸水平对扬州鹅免疫功能及抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(12):2356–2365.

[5] WANG Y S,HOU S S,HUANG W,et al.Lysine,methionine and tryptophan requirements of Beijing ducklings of 0–2 weeks of age[J].Agricultural Sciences in China,2006,5(3):228–233.

[6] 张括,王安,刘洋景.12~17 周龄金定蛋鸭色氨酸适宜需要量的研究[J].饲料工业,2011,32(20):6–9.

[7] 刘肖挺.色氨酸水平对 0~4 周龄蛋雏鸭生长性能及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2013:13–36.

[8] 夏伟光,张罕星,林映才,等.饲粮代谢能和粗蛋白质水平对蛋鸭产蛋性能的影响[J].动物营养学报,2014,26(12):3599–3607.

[9] NRC.Nutrient requirements of poultry[S].Washington,D.C.:National Academy Press,1994.

[10] JENSEN L S,CALDERON V M,MENDONCA Jr C X.Response to tryptophan of laying hens fed practical diets varying in protein concentration[J].Poultry Science,1990,69(11):1956–1965.

[11] PEGANOVA S,HIRCHE F,EDER K.Requirement of tryptophan in relation to the supply of large neutral amino acids in laying hens[J].Poultry Science,2003,82(5):815–822.

[12] DONG X Y,AZZAM M M M,RAO W,et al.Evaluating the impact of excess dietary tryptophan on laying performance and immune function of laying hens reared under hot and humid summer conditions[J].British Poultry Science,2012,53(4):491–496.

[13] WETHLI E,MORRIS T R.Effects of age on the tryptophan requirement of laying hens[J].British Poultry Science,1978,19(4):559–565.

[14] 苏基双,梁琳,刘汉林,等.黄羽肉鸡苏氨酸需求参数的研究[C]//第三届全国饲料营养学术研讨会论文集.成都:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,1998:110–110.

[15] HARMS R H,RUSSELL G B.Evaluation of tryptophan requirement of the commercial layer by using a corn-soybean meal basal diet[J].Poultry Science,2000,79(5):740–742.

[16] CORZO A,MORAN Jr E T,HOEHLER D,et al.Dietary tryptophan need of broiler males from forty-two to fifty-six days of age[J].Poultry Science,2005,84(2):226–231.

[17] ANTAR R S,HARMS R H,SHIVAZAD M,et al.Performance of commercial laying hens when six percent corn oil is added to the diet at various ages and with different levels of tryptophan and protein[J].Poultry Science,2004,83(3):447–455

[18] 余健剑,束刚,江青艳.氨基酸调控畜禽采食的研究进展[J].动物营养学报,2011,23(6):908–913.

[19] LIU Y,YUAN J M,ZHANG L S,et al.Effects of tryptophan supplementation on growth performance,antioxidative activity,and meat quality of ducks under high stocking density[J].Poultry Science,2015,94(8):1894–1901.

Tryptophan Optimal Requirement for Laying Ducks in Peak Laying Period

ZHANG Hanxing CHEN Wei* LI Yan* WANG Shuang RUAN Dong YU Deqian

WANG Shenglin ZHENG Chuntian LIN Yingcai**

(*Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture, Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangzhou* 510640, *China*)

Abstract: This experiment aimed to investigate the effects of dietary tryptophan level on laying performance, egg quality, body antioxidant parameters and slaughter parameters of laying ducks, and to evaluate tryptophan requirement of ducks during the peak laying period. Nine hundred 120-day-old *Shanma* ducks were randomly assigned into 6 groups with 6 replicates per group and 25 ducks per group. Ducks in the 6 groups were fed the experimental diets which tryptophan levels were 0.12%, 0.16%, 0.20%, 0.24%, 0.28% and 0.32%, respectively. The experiment lasted for 20 weeks. The results showed as follows: 1) dietary tryptophan level had no significant effects on egg production, average egg weight, daily egg mass, feed/egg and so on (P>0.05), but the egg production and daily egg mass in the 0.2% group had the highest value. Dietary tryptophan level had no significant effects on egg quality such as eggshell strength, Haugh unit, yolk weight, yolk percentage, eggshell weight, eggshell percentage and thickness (P>0.05), whereas, dietary tryptophan level had significant effect on yolk color (P<0.05), and the yolk color in 0.2% group significantly lower than that in other groups (P<0.05). 2) Dietary tryptophan level had no significant effect on the content of albumin, total protein, uric acid in serum (P>0.05). 3) Dietary tryptophan level had no significant effect on serum and liver antioxidant parameters except liver total superoxide dismutase activity (P>0.05). 4) Dietary tryptophan level had no significant effect on oviduct weight, oviduct length and ovary weight (P>0.05). Based on the broken-line model, dietary 0.2% tryptophan level is recommended for egg production in peak laying ducks.

Key words: laying ducks; tryptophan; laying performance; egg quality; antioxidant parameters

---

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: lyc0123@tom.com

(责任编辑 武海龙)